

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 05-206988

(43)Date of publication of application : 13.08.1993

(51)Int.Cl.

H04J 14/08  
H04J 3/00  
// G02B 26/08

(21)Application number : 04-012195

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 27.01.1992

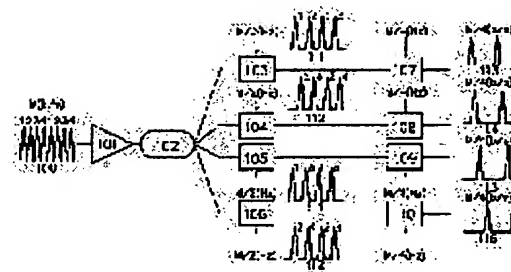
(72)Inventor : JINNO MASAHICO

## (54) LIGHT SEPARATION DEVICE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To use the optical switch and the optical gates of a narrow band and to separate light without the oscillator and the amplifier of high-frequency by 2N-separating the optical signal of M bit/second and inputting it to the optical gates which are respectively cascade-connected by N stages.

**CONSTITUTION:** The optical signal 100 of Mb/s inputted into the optical gates 103 to 106 is turned on/off with a frequency M/2Hz. Furthermore, as the gates 103 and 105 operate with the phase difference of mutually with the gates 104 and 106, the gates 103 and 106 output an optical signal 111 every other time slot and the gates 104 and 106 output the remaining optical signal 112 every other time slot. With the operation, time-division-multiplexed optical signals are converted into the optical signal trains 111 and 112 of which bit rates are respectively a half of a channel and respectively inputted to the optical gates 107 to 110. If the gates 107 to 110 are turned on/off with M/4Hz, the bit rate can be made to drop to a quarter and the signals 113 to 116 of the channel divided into respective channels are obtained.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.01.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3250741

[Date of registration] 16.11.2001

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-206988

(43)公開日 平成5年(1993)8月13日

(51)Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 J 14/08				
3/00	Q	8843-5K		
// G 0 2 B 26/08	Z	9226-2K		
		8426-5K	H 0 4 B 9/ 00	D

審査請求 未請求 請求項の数5(全 8 頁)

(21)出願番号 特願平4-12195

(22)出願日 平成4年(1992)1月27日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 神野 正彦

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

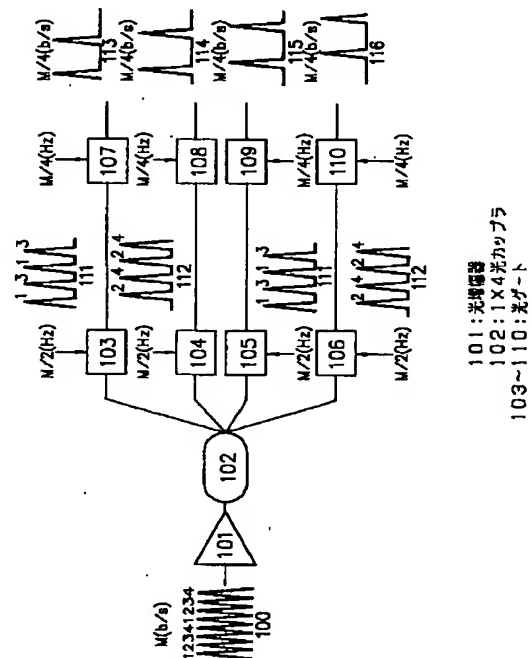
(74)代理人 弁理士 吉田 精孝

(54)【発明の名称】 光分離装置

(57)【要約】

【目的】 単純な構成で集積化に適し、超高速動作可能にもかかわらず、比較的帯域の狭い光スイッチや光ゲートが使用でき、高周波数の電気発信器や増幅器を必要としない光分離装置を提供する。

【構成】 伝送路から入力した時間分割多重されたビットレートがMビット/秒の光信号をビットレートM/2<sup>n</sup>ビット/秒(Nは自然数)の2<sup>n</sup>チャンネルの光信号列に分割して出力する光分離装置において、光信号を2<sup>n</sup>に分割して出力する1×2<sup>n</sup>光カップラ102と、該光カップラ102の2<sup>n</sup>の出力の各々の後にそれぞれ設置された縦列接続されたN個の光ゲート103~104(総数:N×2<sup>n</sup>)を備え、n番目(nはN以下の自然数)の光ゲートは入力信号をM/2<sup>n</sup>の周波数でオンオフして出力する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 伝送路から入力した時間分割多重されたビットレートが $M$ ビット/秒の光信号をビットレート $M/2^n$ ビット/秒（ $N$ は自然数）の $2^n$ チャンネルの光信号列に分割して出力する光分離装置において、光信号を $2^n$ に分割して出力する $1 \times 2^n$ 光カップラと、

該光カップラの $2^n$ の出力の各々の後にそれぞれ設置された縦列接続された $N$ 個の光ゲート（総数： $N \times 2^n$ ）を備え、

$n$ 番目（ $n$ は $N$ 以下の自然数）の光ゲートは入力信号を $M/2^n$ の周波数でオンオフして出力することを特徴とする光分離装置。

【請求項2】 前記光分離装置の入力の前、又は出力の後、又はその両方に光増幅器が配置されていることを特徴とする請求項1に記載の光分離装置。

【請求項3】 前記 $n$ 段目の $M/2^n$ の周波数でオンオフされる光ゲートは、 $M/2^{n+q}$ （ $q$ は自然数）の周波数でオンオフされる $2^q$ 個の光ゲートを縦列接続したもののからなることを特徴とする請求項1又は2に記載の光分離装置。

【請求項4】 前記 $n$ 段目の $M/2^n$ の周波数でオンオフされる光ゲートは、マッハツェンダ型強度変調器、又は方向性結合型強度変調器であり、その動作点は変調器出力が零の電圧に設定され、 $M/2^{n+1}$ の周波数で駆動されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の光分離装置。

【請求項5】 前記 $n$ 段目の $M/2^n$ の周波数でオンオフされる光ゲートは、マッハツェンダ型強度変調器、又は方向性結合型強度変調器を $2^n$ 個縦列接続し、各々の動作点は変調器出力が零の電圧に設定され、 $M/2^{n+1}$ の周波数で駆動されていることを特徴とする請求項1又は2に記載の光分離装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、光通信装置に用いられる光分離装置に関し、特に、時分割多重されたビットレート数10 Gb/s以上の超高速信号をビットレートの低い複数チャンネルの光信号列に分離する光分離装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 現在実用に供されている光通信システムにおいては、伝送路容量を増加させるために電子回路によってデータの時分割多重化がおこなわれ、一本の光ファイバで1.8 Gb/sのデータの伝送が実現されている。現状の電子回路の応答速度制限（10-20 Gb/s）を打破し、一層の高多重化を実現するための手段として、光学的にデータの時分割多重/分離を行う方法が考えられている。これは、デューティ比の小さな光短パルス列を外部的変調器で変調してデータを乗せ、これを何

チャンネルか光学的に多重化して、高ビットレートの光信号列を作りだして伝送し、伝送後、これを光学的に元のチャンネル毎に分離するという方法である。短パルス列を光学的に多重化することは、損失さえ問題にしなければ、光スターカップラを用いて容易に行うことができる。これに対し、光学的な分離は、非常に高速の光スイッチが必要になり、これを実現するために現在まで以下に説明するように電気光学効果、或いは光kerr効果を利用した $2 \times 2$ 光スイッチを用いる方法が提案されている。

【0003】 図9は、従来例を説明するための図であり、例として4チャンネル多重された光信号を各チャンネル毎に分離する場合について説明する。4チャンネル時間分割多重された光信号（ビットレートMb/s）は $2 \times 2$ 光スイッチ401に入力される。光スイッチ401は $M/2$  Hzで入力信号を交互に2つの出力ポートに出力する。従って、一方の出力ポートからはチャンネル1とチャンネル3の信号が（402）、他方からはチャンネル2とチャンネル4の信号が（403）それぞれ出力される。それぞれの信号は次の $2 \times 2$ 光スイッチ404、405に入力される。光スイッチ404、405は $M/4$  Hzで入力信号を交互に2つの出力ポートに出力する。従って、光スイッチ404の一方の出力ポートからはチャンネル1の信号が（406）、他方からはチャンネル3の信号が（407）それぞれ出力される。同様に、光スイッチ405の一方の出力ポートからはチャンネル2の信号が（408）、他方からはチャンネル4の信号が（409）それぞれ出力される。

【0004】 光スイッチとして用いられた $2 \times 2$ 光スイッチとしては、LiNbO<sub>3</sub>結晶上に形成されたマッハツェンダ型干渉計の光路長を電界を印加することで電気光学効果を介して変化させるスイッチや、光ファイバで干渉計を形成し、光路長を高強度の光パルスを伝搬させることで、光kerr効果を介して変化させるスイッチがある。前者を用いた光分離装置については、R.S.Tuckerらによる"16Gb/s fibre transmission experiment using optical time-division multiplexing", Electronics Letters, vol.23 pp.1270-1271, 1987 に詳細に述べられている。また、後者については、高田らによる"Demultiplexing of 40-Gb/s optical signal to 2.5 gb/s using a nonlinear fiber loop mirror driven by amplified, again-switched laser diode", Technical digest of OFC '91, Yun3, 1991 に詳述されている。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、光kerr効果を利用した $2 \times 2$ 光スイッチは、非常にピークパワーが大きく、高繰り返しの極短光パルスを用意しなければならず、装置規模が増大する。また、集積化が困難である。次に、電気光学効果を利用した $2 \times 2$ 光スイッチは、最高で伝送ビットレートの2分の1の周波数で駆動する必

10

20

30

40

50

要があるので、伝送ビットレートが増加するに従って、より高速応答可能な光スイッチや、より高周波の電気の発信器、増幅器を用意しなければならない。また、光スイッチ自体の構成も複雑である。

【0006】本発明の目的は上記の問題点に鑑み、単純な構成で集積化に適し、超高速動作可能にもかかわらず、比較的帯域の狭い光スイッチや光ゲートが使用でき、高周波数の電気発信器や増幅器を必要としない光分離装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1では、伝送路から入力した時間分割多重されたビットレートが $M$ ビット/秒の光信号をビットレート $M/2^n$ （ $n$ は自然数）の $2^n$ チャンネルの光信号列に分割して出力する光分離装置において、光信号を $2^n$ に分割して出力する $1 \times 2^n$ 光カップラと、該光カップラの $2^n$ の出力の各々の後にそれぞれ設置された縦列接続された $N$ 個の光ゲート（総数： $N \times 2^n$ ）を備え、 $n$ 番目（ $n$ は $N$ 以下の自然数）の光ゲートは入力信号を $M/2^n$ の周波数でオンオフして出力する。また、請求項2では請求項1の光分離装置において、前記光分離装置の入力の前、又は出力の後、又はその両方に光増幅器が配置されている。また、請求項3では、請求項1又は2記載の光分離装置において、前記 $n$ 段目の $M/2^n$ の周波数でオンオフされる光ゲートは、 $M/2^{n+q}$ （ $q$ は自然数）の周波数でオンオフされる $2^q$ 個の光ゲートを縦列接続したものからなる。また、請求項4では請求項1又は2記載の光分離装置において、前記 $n$ 段目の $M/2^n$ の周波数でオンオフされる光ゲートは、マッハツェンダ型強度変調器、又は方向性結合型強度変調器であり、その動作点は変調器出力が零の電圧に設定され、 $M/2^{n+1}$ の周波数で駆動されている。また、請求項5では請求項1又は2記載の光分離装置において、前記 $n$ 段目の $M/2^n$ の周波数でオンオフされる光ゲートは、マッハツェンダ型強度変調器、又は方向性結合型強度変調器を $2^q$ 個縦列接続し、各々の動作点は変調器出力が零の電圧に設定され、 $M/2^{n+q+1}$ の周波数で駆動されている。

【0008】

【作用】伝送路から入力した時間分割多重されたビットレートが $M$ ビット/秒の光信号は、光カップラで $2^n$ 分割され（ $2^n$ は最終的に分離されるチャンネル数）、それぞれ $N$ 段だけ縦列接続されている光ゲートに入力される。以下では、 $2^n$ 分割されるうちの1チャンネルに注目して、作用を説明する。他のチャンネルの動作は位相が異なること以外は同様である。まず最初の光ゲートは周波数 $M/2$ で入力信号をオンオフし、1タイムスロット置きに光信号が出力する。これにより、時間分割多重された光信号は、ビットレートが $1/2$ の2チャンネルの光信号列に変換される。同様にして $n$ 段目の光ゲートを $M/$

$2^n$ の周波数でオンオフしてやれば、ビットレートを $1/2$ 、 $1/4$ 、…、 $1/2^n$ と順々に落して行くことができる。他のチャンネルについても位相を変えて同様の動作をさせてやることにより、最終的にビットレートが $M/2^n$ ビット/秒の $2^n$ チャンネルの信号を得ることができる。

【0009】個々の光ゲートは、光ゲートを2段縦列に接続した構成としてもよい。2つの光ゲートを互いに逆相でオンオフすると、全体では単体のオンオフの繰り返し周波数の2倍でオンオフさせることができる。 $2^q$ 個の光ゲートを縦列接続すると、繰り返し周波数を $2^q$ 倍にすることができる。このように比較的帯域の狭い光ゲートを用いても、多段に縦列接続することで、帯域を拡大することができ、従って、このような光ゲートを光分離装置に用いれば、分離できるビットレートを格段に増加できる。また、光カップラや光ゲートの損失は光増幅器を用いることで補償可能である。

【0010】

【実施例】図1は本発明の第1の実施例を説明する構成図、図2は図1の装置の動作のタイムチャートである。図中101は光増幅器、102は $1 \times 4$ 光カップラ、103から110は光オンオフゲート（以下光ゲート）である。例として4チャンネル多重された光信号を各チャンネル毎に分離する場合について説明する（ $N=2$ ）。4チャンネル時間分割多重された光信号100（ビットレート $M$ b/s）は光増幅器101で増幅された後、 $1 \times 4$ 光カップラ102に入力される。102は入力信号を4分割して、4つの出力ポートに出力する。これらはそれぞれ光ゲート103から106に入力される。各々の光ゲート103～106は周波数 $M/2$ Hzで入力信号をオンオフし、しかもそのうちの2つの光ゲート103と105は、残りの2つの光ゲート104と106と、互いに $\pi$ の位相差を持って動作するので、光ゲート103と105からは、1タイムスロット置きに光信号111が出力され、光ゲート104と106からは残りの光信号112が同様に1タイムスロット置きに出力される。以上の動作により、時分割多重された光信号は、ビットレートが $1/2$ のチャンネルの光信号列111、112に変換され、それぞれ光ゲート107から110に入力される。これら2段目の光ゲート107～110を $M/4$ Hzの周波数でオンオフしてやれば、ビットレートを $1/4$ に落して行くことができ、その結果、各々のチャンネルに分割された4チャンネルの信号113から116を得る。光カップラによる6dBの分割損、或いは光ゲートの過剰挿入損失は光増幅器101により補償することができる。

【0011】以上は4チャンネル時分割多重された信号を4チャンネルに分離する場合について説明したが、 $2^n$ チャンネル多重された信号を分離するためには、同様に $1:N$ 光カップラと光ゲートを $N$ 段ツリー状に接続し、 $n$ 段

目の光ゲートを $M/2^n$ の周波数でオンオフしてやれば、ビットレートを $1/2$ 、 $1/4$ 、…、 $1/2^n$ と順々に落して行くことができる。

【0012】光ゲートとしては、マッハツェンダ型干渉計を用いた光強度変調器、マッハツェンダ型干渉計を用いた $2 \times 2$ 光スイッチ、方向性結合器を用いた光強度変調器、方向性結合器を用いた $2 \times 2$ 光スイッチ、バルク或いは量子井戸構造を有する半導体中の吸収を用いた光強度変調器、等各種の光強度変調器或いは光スイッチを利用できる。また、光増幅器としては半導体レーザアン

プ、及び希土類添加ファイバアンプを用いることができる。

【0013】図3は本発明の第2の実施例を説明する構成図であり、図4(a)及び(b)は図3中で用いられる強度変調器の動作を説明する図、図5は図3の装置の動作を説明するタイムチャートである。図中201は光増幅器、202は $1 \times 4$ 光カップラ、203から214は光オンオフゲート（以下、光ゲート）である。例として4チャンネル多重された光信号を各チャンネル毎に分離する場合について説明する。第1の実施例との相違点は、初段の光ゲートにある。第2の実施例では、第1の実施例の構成で用いた $M/2$ Hzの周波数でオンオフする光ゲート103乃至106を1個のかわりに、 $M/4$ Hzの周波数でオンオフする光ゲート203、204乃至209、210を2個縦列に接続し、しかも両者の位相を $\pi$ だけずらす。こうすることにより、単体の光ゲートは $M/4$ Hzの周波数でオンオフするにもかかわらず、全体として $M/2$ Hzの周波数でオンオフさせることができ、帯域の狭い変調器でも2個縦列接続することで、その変調帯域を2倍に増加させることができる。

【0014】この様子を図4(a)及び(b)に示す。図4(a)中の曲線222はマッハ・ツェンダ干渉計或いは方向性結合器を利用した、光強度変調器または $2 \times 2$ 光スイッチの印加電圧に対する光出力特性を、曲線223は印加電圧の時間波形を示している。図4(b)中の曲線224、225は第1、第2の変調器単体の変調波形をそれぞれ示し、曲線225はこれらを縦列接続した場合の\*

$$I = 1/4 \{1 - \cos(m \sin 2\pi t)\} \{1 - \cos(m \sin(2\pi t + \pi/2))\}$$

$m$ が $\sqrt{2\pi}$ のとき、光出力 $I$ は1、すなわち全入力が増減なく出力される。従って、位相差振幅 $m$ が $\sqrt{2\pi}$ となるような印加電圧で駆動すれば、強度変調器を2個縦列に接続しても、損失なく、駆動周波数の4倍の周波数で入力信号をオンオフできる。

【0016】以上は強度変調器を2個縦列接続して変調帯域を4倍だけ増加させる場合について説明したが、 $2^q$ 個の光強度変調器を図7(a)のA点に動作点を設定し、縦列接続すれば $2^{q+1}$ 倍の変調帯域を得ることができる。従って、 $n$ 段目の $M/2^n$ の周波数でオンオフされる光ゲートは、 $M/2^{n+q+1}$  ( $q$ は整数)の周波数で駆動され、動作点を上述のように設定したる $2^q$ 個の光

\*変調波形を示しており、オンオフの繰り返しが単体の変調器のそれに対して2倍になっているのが分かる。以上は強度変調器を2個縦列接続して変調帯域を2倍だけ増加させる場合について説明したが、 $2^q$ 個の光ゲートを縦列接続すれば $2^q$ 倍の変調帯域を得ることができる。従って、 $n$ 段目の $M/2^n$ の周波数でオンオフされる光ゲートは、 $M/2^{n+q}$  ( $q$ は整数)の周波数でオンオフされる $2^q$ 個の光ゲートを縦列接続することで実現することができる。この方法により、強度変調器や、発振器、増幅器の帯域に対する要求を大幅に緩和できる。

【0015】図6は本発明の第3の実施例を示す構成図であり、図7(a)及び(b)は図6中で用いられる強度変調器の動作を説明する図、図8は図6の装置の動作を説明するタイムチャートである。図中301は光増幅器、302は $1 \times 2$ 光カップラ、303～310は光オンオフゲート（以下、光ゲート）として用いるマッハ・ツェンダ干渉計或いは方向性結合器を利用した、光強度変調器または $2 \times 2$ 光スイッチ、311から314は種類は問わない光オンオフゲートである。図7(a)中の曲線324はマッハ・ツェンダ干渉計或いは方向性結合器を利用した、光強度変調器または $2 \times 2$ 光スイッチの印加電圧に対する光出力特性を、曲線325は印加電圧の時間波形を示している。動作点を出力オフのA点に設定すると、印加電圧の1周期内に光出力は2周期分変化する。従って、第1の実施例の構成で用いた $M/2$ の周波数でオンオフする光ゲート1個のかわりに、 $M/8$ の周波数の正弦波電圧を印加された光強度変調器303、304乃至309、310を2個縦列に接続し、しかも両者の位相を $\pi$ だけずらす。こうすることにより、単体の光ゲートは $M/8$ の周波数でオンオフするにもかかわらず、全体として $M/2$ の周波数でオンオフさせることができる。この様子を図7(b)に示す。曲線326、327は第1、第2の変調器単体の変調波形をそれぞれ示し、曲線328はこれらを縦列接続した場合の変調波形を示している。また、曲線328は、位相差振幅を $m$ 、時間を $t$ とすると、次式で表されるので、

$$I = 1/4 \{1 - \cos(m \sin(2\pi t + \pi/2))\}$$

ゲートを縦列接続することで実現することができる。

【0017】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1乃至5によれば、集積化に適し、超高速動作可能にこかわらず、比較的帯域の狭い光スイッチや光ゲートが使用でき、高周波数の電気発信器や増幅器を必要としない光分離装置を提供することができるといった優れた効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

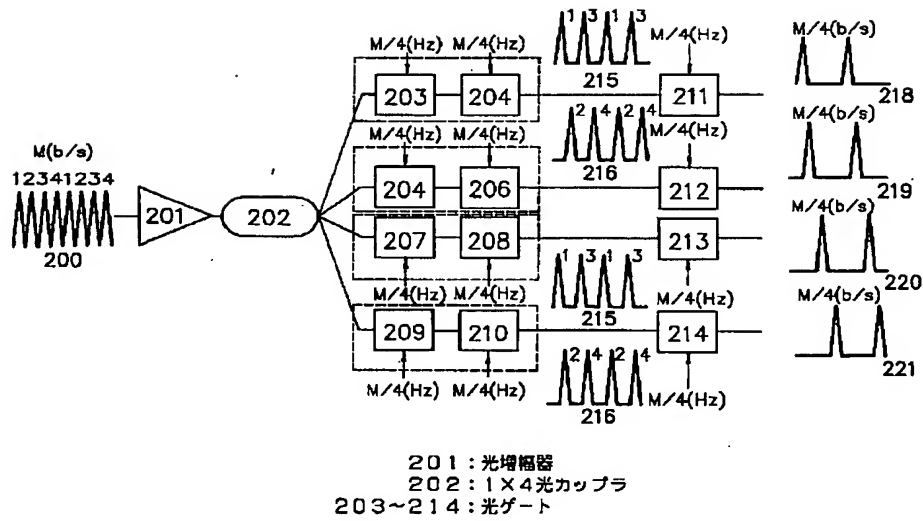
【図1】本発明の第1の実施例を示す構成図

【図2】図1の装置の動作を説明するタイムチャート

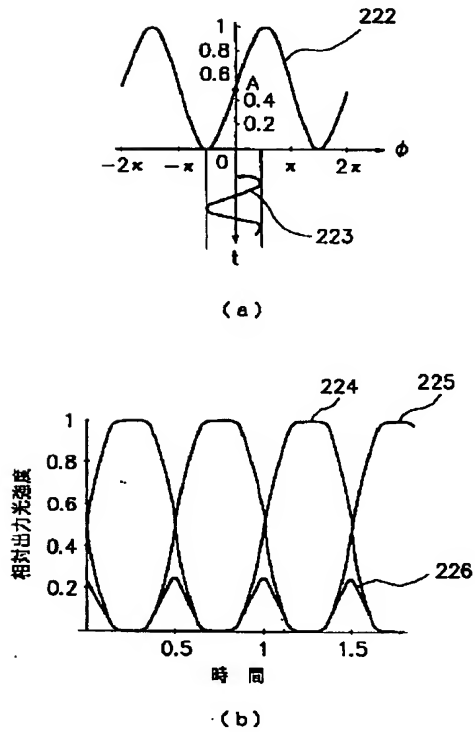
【図3】本発明の第2の実施例を示す構成図



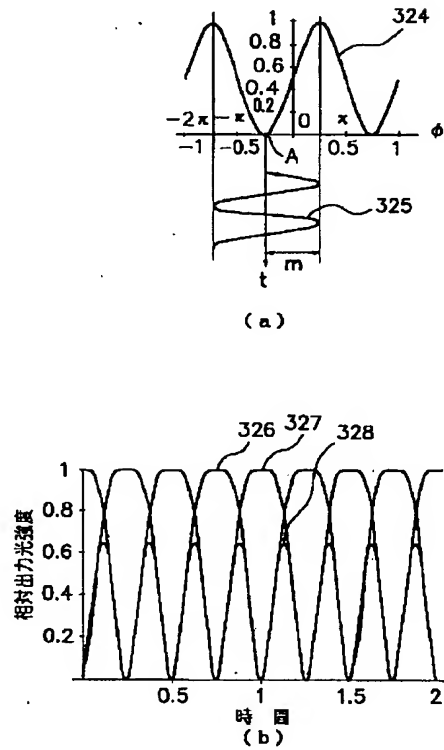
【図3】



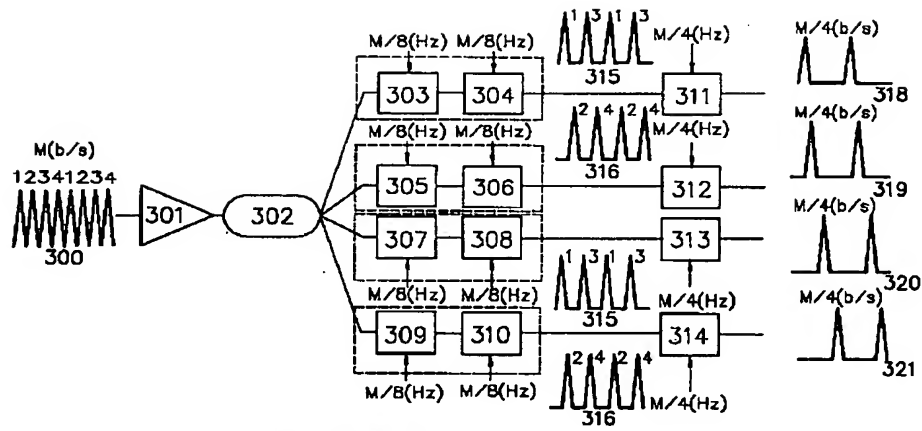
【図4】



【図7】

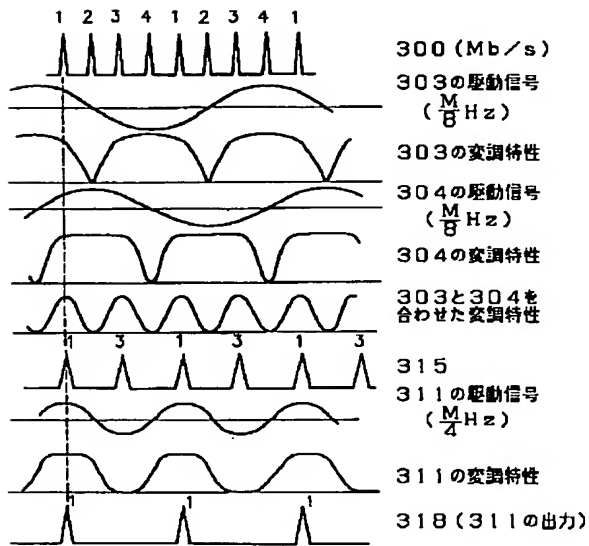


【図6】



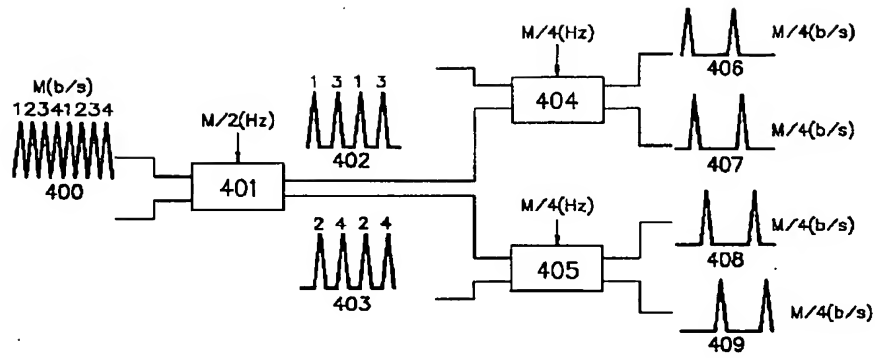
- 301: 光増幅器  
 302: 1×2光カプラ  
 303~310: 光ゲート (光強度変調器または2×2光スイッチ)  
 311~314: 光ゲート (種類は異なる)

【図8】





【図9】



401, 404, 405: 2×2光スイッチ